

Pengaruh Beban Kendaraan sebagai Beban Terbagi Rata terhadap Deformasi Geogrid sebagai Perkuatan Embankment

Influence of Vehicle Load as Surcharge Load on Geogrid Deformation as Embankment Reinforcement

A. Adhe Noor PSH^{#1}

e-mail : adhe_noorpatria@yahoo.co.id

Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil, Jurusan Teknik, Fakultas Sains dan Teknik Unsoed

Abstract- Soft soil such as clay was sensitive soil. Public constructions built in this kind of soil would face some problems such as long period consolidation time, unstable embankment slope, not easily compacted and high level settlement. Some solution that could be suggested were the usage of vertical drain, or the usage of geosynthetic material such as geogrid combined with floating piles. Analysis was carried out by using plaxis version 7.2. soil for embankment and embankment foundation was modelled in plane strain. Also geogrid and floating piles were modelled in plane strain too. Surcharge load on top of embankment were varied, they were 20, 35 and 50 kPa. The simulation was carried out in staged construction mode. Final vertical displacement in geogrid due to 50 kPa vehicle load as surcharge load and long term load period (in this case excess pore water pressure was small) was -0,9062 m for rigid embankment and -1,4206 for interface embankment. The difference occurred due to slip at the interface of geogrid and soil. It led to adding soil mass supported by geogrid, furthermore the deflection of geogrid became bigger.

Keywords : slip, geogrid, floating piles, staged construction

PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi di atas tanah lunak, seperti *embankment*, bukan hal yang mudah, banyak dijumpai kendala selama pembangunan konstruksi antara lain waktu konsolidasi yang cukup lama, sukarnya pemadatan tanah, ketidakstabilan lereng timbunan (*embankment*) dan tingkat penurunan jangka panjang yang besar. Penggunaan konstruksi timbunan (*embankment*) di atas tanah lunak antara lain sebagai pendukung perkerasan jalan raya, jalan rel maupun sebagai tanggul.

Drainase vertikal merupakan salah satu alternatif solusi untuk mengatasi masalah ini. Beberapa solusi yang lain antara lain dengan pengelupasan tanah lunak bila lapisan tanah lunak tidak terlalu tebal, atau dengan menggunakan bahan geosintetik seperti *geogrid* dan *geotekstil* sebagai perkuatan tanah. Penggunaan bahan geosintetik sering dikombinasikan dengan *floating piles* yang dipancang ke dalam lapisan tanah lunak. Adapun fungsi dari *floating piles* adalah memberi dukungan terhadap beban yang bekerja melalui perlawanan lekatan tanah (tahanan gesek) pada dinding *piles* tersebut.

TANAH LUNAK (CLAY)

Tanah lempung termasuk jenis tanah lunak yang kohesif. Tanah kohesif umumnya memiliki partikel – partikel yang berukuran halus (seukuran partikel lempung dan koloid) dalam jumlah yang besar (Teng, 1981). Para ahli memiliki definisi yang berbeda – beda tentang tanah lempung antara lain Hardiyatmo (1992)

mencoba menjelaskan bahwa tanah lempung tersusun atas mineral – mineral lempung hasil pelapukan tanah secara kimiawi yang menghasilkan susunan partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, sedangkan peneliti lain yaitu Holtz dan Kovacs (1981) menyatakan bahwa tanah lempung adalah tanah yang mengandung mineral – mineral lempung dan memiliki plastisitas serta kohesivitas.

Tanah yang bersifat kohesif sering kehilangan sebagian dari kuat gesernya akibat gangguan dan jumlah dari kuat geser yang hilang dinyatakan dalam istilah sensitivitas (*sensitivity*) (Teng, 1981). Sensitivitas adalah nilai banding antara kuat geser *undrained* dari tanah dalam kondisi tak terganggu dan kuat geser *undrained* dari tanah yang sudah berubah dari bentuk aslinya pada kadar air yang sama (Hardiyatmo, 1992).

Secara umum tanah lempung memiliki sifat – sifat teknis (*engineering properties*) (Teng, 1981) sebagai berikut :

- 1) umumnya memiliki kuat geser yang rendah,
- 2) bersifat plastis dan kompresibel,
- 3) mudah kehilangan sebagian kuat gesernya akibat pembasahan (*wetting*),
- 4) mudah kehilangan sebagian kuat gesernya akibat gangguan (*disturbance*) pada tanah,
- 5) dapat mengalami penyusutan akibat pengeringan dan pengembangan akibat pembasahan (biasanya terjadi akibat perubahan musim),
- 6) merupakan material yang sangat buruk bila digunakan sebagai *backfill*, karena dapat menghasilkan tekanan tanah lateral yang besar,

- 7) merupakan material yang buruk bila digunakan sebagai embankment, karena memiliki kuat geser yang rendah dan lebih sukar untuk dipadatkan,
- 8) bersifat kedap air (impervious),
- 9) lereng yang tersusun dari tanah lempung (clay slopes) akan mudah mengalami kelongsoran,
- 10) kemungkinan mengalami rayapan (creeps).

GEOGRID SEBAGAI PERKUATAN

Geogrid termasuk dalam salah satu jenis geosintetik. Istilah geosintetik sendiri sebenarnya meliputi *geotextile* (*filter fabrics*), *geomembrane*, *geoweb* (*confinement & strength*), *geogrid* (*reinforcement*), *geonet* (*drainage*) dan *geocomposite* (Koerner, 1990). Geosintetik merupakan bahan tiruan (sintetis) yang berasal dari polimerisasi hasil – hasil industri kimia (minyak bumi) atau dari bahan baja, semen, serat – serat sintetis, kain dan lain – lain. Bahan ini memiliki polimer utama penyusun bahan berupa *polyester* (PS), *polyamide* (PM), *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE) (Suryolelono, 2000).

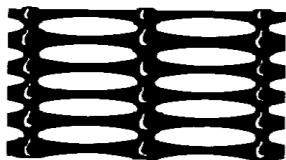
Geosintetik tipe grid (*geogrid*) sering digunakan sebagai perkuatan misalnya sebagai perkuatan dinding penahan tanah, perkuatan lapis perkerasan, perkuatan timbunan atau sebagai perkuatan tanah akibat bencana tanah longsor (Permathene, 2002). *Geogrid* memiliki kuat tarik yang tinggi dan terbuat dari lembaran polimer yang dilubangi dengan pola yang sama kemudian ditegangkan pada arah tertentu. Karakteristik dan penggunaan *geogrid* sangat ditentukan dari tipenya (Permathene, 2002), hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

A. Uni-axial geogrid

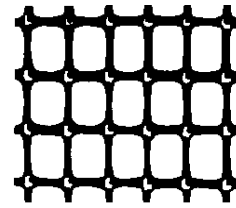
Bahan ini memiliki kuat tarik yang tinggi pada satu arah dan biasanya digunakan pada perbaikan lereng terhadap longsor (*slip repairs*), dinding penahan tanah atau lereng yang terbebani dalam waktu lama (Gambar 1).

B. Bi-axial geogrid

Bahan ini memiliki kuat tarik pada dua arah yang tidak sebesar uni-axial geogrid. Umumnya digunakan sebagai perkuatan tanah lunak untuk mengurangi pengaruh beban yang bekerja seperti beban lalu lintas kendaraan (Gambar 2).



Gambar 1 Uni-axial grid (Sumber : Tensar, 2002).



Gambar 2 Bi-axial grid (Sumber : Tensar, 2002).

FLOATING PILES

Floating piles termasuk jenis fondasi tiang. Pemilihan fondasi tiang sebagai fondasi pendukung beban didasarkan pada beberapa pertimbangan terhadap kemampuan fondasi tiang tersebut, beberapa di antaranya adalah (Hardiyatmo, 2001) :

- 1) sebagai penahan gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring,
- 2) sebagai penerus beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu, sehingga fondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya,
- 3) sebagai penerus beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.

Berdasarkan material pembentuknya, fondasi tiang dapat dikelompokkan dalam empat tipe sebagai berikut (Das, 1990) ini.

- 1) tiang baja (steel piles),
- 2) tiang kayu (wooden / timber piles),
- 3) tiang beton (concrete piles),
- 4) tiang komposit (composite piles)

Floating piles merupakan jenis fondasi tiang yang dipancang secara keseluruhan di dalam tanah lempung lunak, sehingga sebagian besar beban ditahan oleh tahanan gesek dinding tiang. Fondasi ini umumnya dipancang secara berkelompok ke dalam tanah lunak dan kapasitasnya dipengaruhi oleh salah satu faktor (Hardiyatmo, 2001) dari :

- 1) jumlah kapasitas tiang tunggal dalam kelompok tiang, bila jarak tiang lebar,
- 2) tahanan gesek tiang yang dikembangkan oleh gesekan antara bagian luar kelompok tiang dengan tanah di sekelilingnya, jika jarak tiang terlalu dekat.

Pemancangan tiang ke dalam tanah lunak (lempung jenuh) cenderung akan mempengaruhi tanah (Cernica, 1995) yaitu :

- 1) tanah di sekeliling tiang terganggu/rusak,
- 2) meningkatkan tekanan air pori di dalam tanah,
- 3) meningkatkan kompresibilitas tanah lempung,

- 4) mempengaruhi tanah sampai ke tahap / tingkat tertentu pada jarak kira – kira sama dengan diameter tiang.

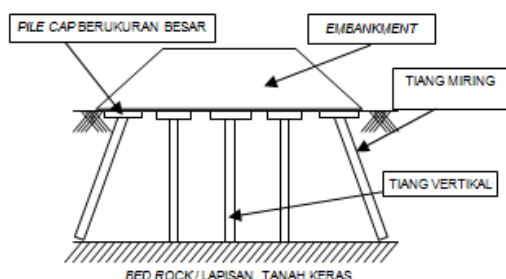
Menurut De Mello (1960) (dalam Poulos dan Davis, 1980) pemancangan tiang ke dalam tanah lempung memberikan akibat antara lain terjadi :

- 1) perubahan pada struktur tanah (remolding) di sekeliling tiang,
- 2) perubahan kondisi tegangan (stress state) di dalam tanah di sekeliling tiang,
- 3) disipasi dari tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada tanah di sekeliling tiang,
- 4) fenomena jangka panjang yang merupakan kembalinya kekuatan tanah (strength regain).

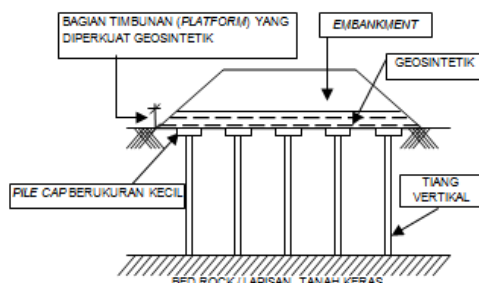
EMBANKMENT DENGAN PERKUATAN GEOGRID DAN FLOATING PILES

Menurut Rankinor (1992) konsep dasar dalam memberi perkuatan sebuah *embankment* adalah mencegah terjadinya bidang gelincir potensial (*potential slip circles*) yang terjadi dan menyediakan tahanan geser (*shear resistance*), saat mulai terjadi gerakan tanah. *Embankment* dengan perkuatan tiang ini dapat dibedakan menjadi 2 kelompok besar (Hans dan Akins, 2002) sebagai berikut :

- 1) Conventional Pile Supported (CPS) Embankments (*Gambar 3*),
- 2) Geosynthetic-Reinforced dan Pile Supported (GRPS) Embankments (*Gambar 4*).



Gambar 3 Conventional pile supported (CPS) embankment.



Gambar 4 Geosynthetic-Reinforced dan Pile Supported (GRPS) Embankments.

PERKERASAN JALAN

Konstruksi perkerasan dapat diartikan sebagai suatu konstruksi plat elastis yang berlapis – lapis, terletak pada suatu landasan yang elastis (tanah dasar) (Soedarsono, 1985). Menurut *Departments of The Army and The Air Force* (1994) terdapat dua macam tipe perkerasan / *pavement* sebagai berikut ini.

1) Perkerasan kaku (*Rigid pavements*)

Prinsip utama dalam perancangan perkerasan ini adalah membatasi tegangan tarik di dalam PCC (*portland cement concrete*) sampai pada tahap tertentu di bawah kuat lentur betonnya, sehingga keruntuhan terjadi hanya setelah perkerasan menahan beban berulang dengan jumlah tertentu.

2) Perkerasan Lentur (*Flexible pavements*)

Prinsip utama dari perancangan perkerasan ini adalah memilih ketebalan perkerasan yang dibutuhkan untuk membatasi regangan vertikal di dalam *subgrade* dan regangan horisontal pada bagian bawah dari *bituminous concrete* akibat beban lalu lintas kendaraan pada tingkat tertentu agar tidak terjadi keruntuhan geser di dalam *subgrade* dan keretakan di dalam *bituminous surface course*.

Kendaraan sebagai salah satu faktor penting dalam perancangan perkerasan dikelompokkan ke dalam beberapa tipe (UDOT, 1998) sebagai berikut ini.

- 1) Kategori 1 (kendaraan ber-as ganda/general two axle vehicles) yaitu
 - a. kendaraan bermotor roda dua,
 - b. mobil penumpang,
 - c. unit kendaraan ber-as ganda dan kendaraan beroda empat-tunggal yang lain.
- 2) Kategori 2 (bus / buses) yaitu bis.
- 3) Kategori 3 (truk 1 unit / single unit trucks) yaitu
 - a. unit truk beroda enam-tunggal dan ber-as ganda,
 - b. unit truk ber-as tiga tunggal,
 - c. unit truk dengan empat as atau lebih.
- 4) Kategori 4 (single trailer trucks) yaitu
 - a. kombinasi trailer tunggal dengan empat buah atau kurang as tunggal,
 - b. kombinasi trailer tunggal dengan lima buah as,
 - c. kombinasi trailer tunggal dengan enam as atau lebih.
- 5) Kategori 5 (multi – trailer trucks) yaitu
 - a. kombinasi multi trailer ber-as lima atau kurang,
 - b. kombinasi multi-trailer ber-as enam,
 - c. kombinasi multi trailer ber-as tujuh atau lebih.

MODEL SIMULASI NUMERIS GEOGRID REINFORCED - PILED SUPPORTED EMBANKMENT

Simulasi numeris dilakukan dengan menggunakan Plaxis Versi 7.2 dengan permodelan plane strain untuk memodelkan konstruksi geogrid-reinforced and piled-supported embankment. Model konstruksi terbagi menjadi dua tipe yaitu dengan memperhitungkan interface (interfaced embankment) serta tanpa memperhitungkan interface (rigid embankment). Detail bagian konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5 sedangkan model input konstruksi dalam simulasi numeris dapat dilihat pada Gambar 6 Gambar 7. Diskretisasi elemen model geogrid-reinforced and piled-supported embankment sebagai langkah awal simulasi numeris dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9. Pelaksanaan konstruksi embankment dilakukan secara bertahap dan dalam simulasi numeris dimodelkan dalam staged construction type

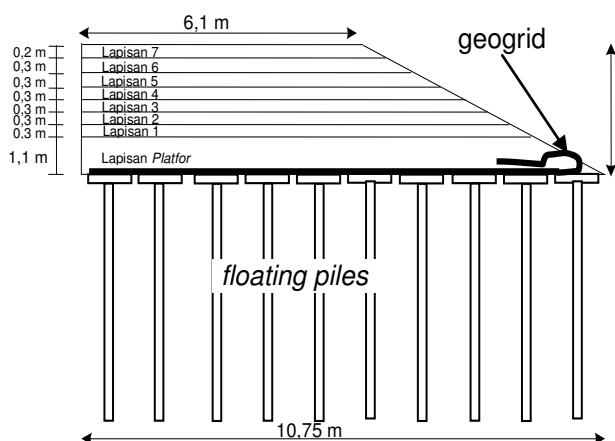
Input material geogrid dalam simulasi menggunakan Plaxis versi 7.2 menggunakan parameter EA sebesar 1000 kN/m. Sedangkan input material floating piles dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

TABEL 3 PARAMETER INPUT FLOATING PILES DAN PILE CAPS PADA REINFORCED EMBANKMENT (EA DAN EI)

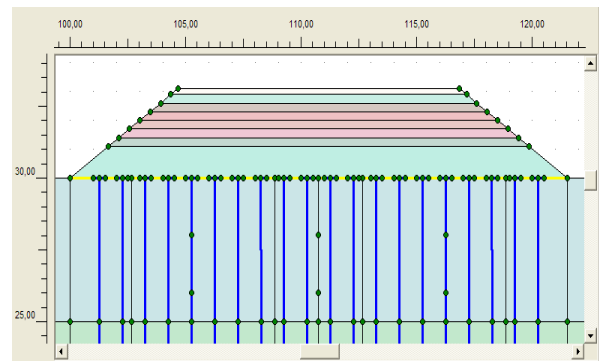
No	Tipe	Material	EA (kN/m)	EI (kN/m)
1.	<i>Pile caps</i>	elastic	$6,436.10^6$	$6,704.10^4$
2.	<i>Floating Piles</i>	elastic	$6,553.10^5$	$1,327.10^3$

TABEL 4 PARAMETER INPUT FLOATING PILES DAN PILE CAPS PADA REINFORCED EMBANKMENT (D, W DAN ν)

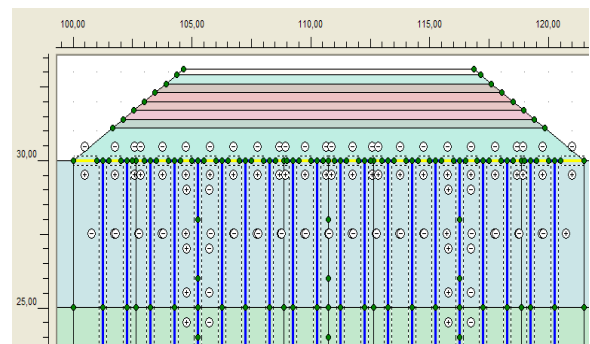
No	Tipe	d (m)	w (kN/m/m)	ν
1.	<i>Pile caps</i>	0,354	0,031	0,15
2.	<i>Floating Piles</i>	0,156	7.10^{-3}	0,15



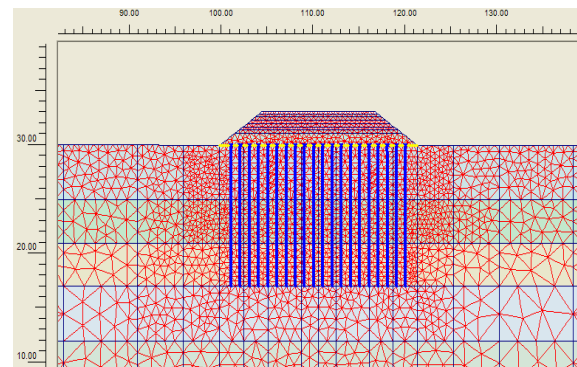
Gambar 5 Embankment yang diperkuat geogrid and floating piles.



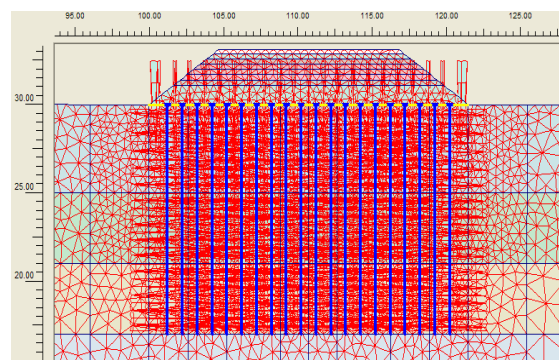
Gambar 6 Model rigid (non-interface) embankment.



Gambar 7 Model interface embankment.



Gambar 8 Diskritisasi model rigid embankment.

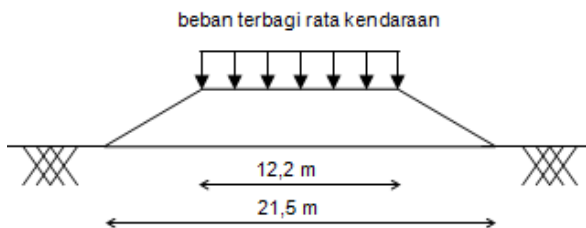


Gambar 9 Diskritisasi model Interface Embankment.

Floating piles dan *pile cap* yang digunakan terbuat dari beton dengan $f'_c = 30$ MPa dan memiliki modulus elastisitas (E) sebesar 25742,96 MPa. *Floating piles* memiliki panjang 13 m dan diameter 0,18 m, sedangkan *pile cap* memiliki ukuran sisi 0,5 m x 0,5 m dan tebal 0,25 m. *Poisson's ratio* yang digunakan untuk beton sebesar 0,15 (Tabel 4). Jarak antar *floating piles* (pusat ke pusat) sebesar 1 m.

BEBAN TERBAGI RATA KENDARAAN

Beban kendaraan yang dianalisa dimodelkan dalam dua tipe yaitu beban terbagi rata dan beban titik. Beban kendaraan sebagai beban terbagi rata bekerja pada seluruh permukaan timbunan dengan variasi nilai sebesar 20 kPa, 35 kPa dan 50 kPa (Gambar 10).



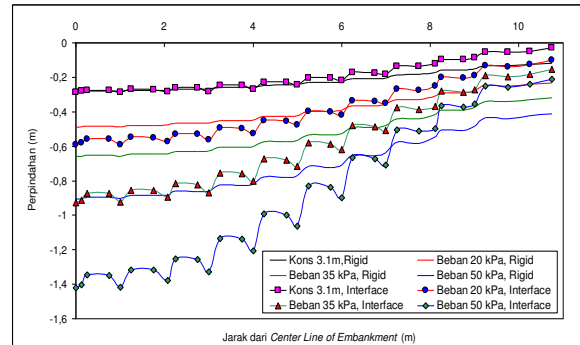
Gambar 10 Beban terbagi rata kendaraan pada embankment.

DEFORMASI GEOGRID SEBAGAI PERKUATAN DI DASAR EMBANKMENT AKIBAT BEBAN TERBAGI RATA KENDARAAN

Peran *geogrid* sebagai perkuatan di dasar *embankment*; terutama dalam menahan deformasi berlebih akibat adanya beban kendaraan yang bekerja; sangat besar. Beban kendaraan yang bekerja akan mengakibatkan terjadinya penambahan beban pada *embankment*, sehingga tanah dasar yang merupakan tanah lempung lunak (*soft clay*) akan mengalami perpindahan baik ke arah vertikal maupun ke arah horisontal. Perpindahan yang terjadi pada tanah dasar tidak begitu besar karena ditahan oleh perkuatan *geogrid*, sehingga mengakibatkan *geogrid* terdefleksi. Besar kecilnya defleksi *geogrid* akibat beban *embankment* dan beban kendaraan dapat dilihat pada Gambar 11.

Perpindahan vertikal akhir yang terjadi pada *geogrid* akibat beban *embankment* dan beban kendaraan sebesar 50 kPa untuk durasi pembebanan jangka panjang dimana *excess pore water pressure* sudah sangat kecil adalah sebesar -0,9062 m pada *rigid embankment* dan sebesar -1,4206 m pada *interface embankment*. Perbedaan ini terjadi karena *slip* (gelincir) pada bidang kontak antara *geogrid* dan tanah

mengakibatkan penambahan jumlah massa tanah yang ditahan oleh *geogrid*, sehingga defleksi pada *geogrid* juga bertambah.



Gambar 11 Perpindahan vertikal geogrid akibat beban embankment dan beban terbagi rata kendaraan.

PUSTAKA

- Cernica, J.N., 1995, *Geotechnical Engineering - Foundation Design*, John Wiley & Sons, Canada.
- Das, B.M., 1990, *Principles of Foundation Engineering*, Second Edition, PWS - Kent, Boston.
- Departments of The Army and The Air Force (1994). "Pavement Design for Roads, Streets, and Open Storage Areas, Elastic Layered Method", http://www.army.mil/usapa/eng/DR_pubs/dr_a/pdf/tm5_822_13.pdf (February 19, 2005).
- Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah I*, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2001, *Teknik Fondasi II*, Edisi 1, P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Holtz, R.D and Kovacs, W.D., 1981, *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Hans, J. and Akins, K., 2002, *Use of Geogrid-Reinforced and Pile-Supported Earth Structures*, Proceeding of International Deep Foundation Congress, p. 668-679, ASCE, Februari, Orlando, Florida, USA.
- Koerner, R.M., 1990, *Designing With Geosynthetics*, Second Edition, Prentice - Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Permathene, 2002, *Etsong™ Geogrids*, www.Permathene.com, Auckland, New Zealand.
- Poulos, H.G. and Davis, E.H., 1980, *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley & Sons, USA.
- Rankilor, P.R., 1992, *UTF Geosynthetics Manual*, UCO Technical Fabrics, Lokeren, Belgium.
- Soedarsono, D.U., 1985, *Konstruksi Jalan Raya*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta Selatan.
- Suryolelono, KB, 2000, *Geosintetik Geoteknik*, Edisi 1, Cetakan 1, Nafiri, Yogyakarta.
- Teng, W.C., 1981, *Foundation Design*, Prentice - Hall, New Delhi, India.
- UDOT (1998), "Pavement Management and Pavement Design Manual", <http://www.udot.utah.gov/progdev/Pavement/Pavement%20Mgt%20Manual.PDF> (November 11, 2004)